付録

A.1 微動アレイおよび単点微動による地下構造モデル化

A.1.1 微動アレイ観測

① はじめに

近年の被害地震において大加速度・速度を観測した強震観測点を対象に、グリーン関数の 高度化を目的として、微動アレイ観測を実施し、解放基盤面までの地下構造のモデル化を行 う。強震観測点は比較的硬質なサイトを対象とし、茨城県で微動アレイ4ヶ所(山方、大宮、 高萩と日立)に実施した。なお、各アレイ中心測点のデータを単点微動観測として、H/Vス ペクトル解析を行った。 ② 微動アレイ調査の概要

- (1) 観測場所:図 A.1.1-1 に示す茨城県内の4地点(山方,大宮,高萩と日立)において微動アレイ観測を実施した。
 - 1. 山方 (YMG) 茨城県大宮市山方周辺地区
 - 2. 大宮(OMY) 茨城県大宮市市街周辺地区
 - 3. 高萩市 (TKH) 茨城県高萩市市街周辺地区
 - 4. 日立(HTC) 茨城県日立市市街周辺地区



図 A.1.1-1 微動アレイ観測実施地点(図中の黄色枠内)

(2) 計測機器

地震計は固有周期 5 秒の 3 成分速度計(LE-3D/5s, lennartz-electronic 社)を用いた(図 A.1.1-2 参照)。また,データ収録器は LS-8800 (A/D 変換: 24bit,白山工業)を用いた(図 A.1.1-3 参照)。なお,各機材の時刻校正は GPS によって独立に行っている。



図 A.1.1-2 地震計(LE-3D/5s)

(http://www.lennartz-electronic.de/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=56)



図 A.1.1-3 データ収録器(LS-8800) (http://www.hakusan.co.jp/products/keisoku/main/ls8800.shtml)

③ 解析方法

微動は車,工場などのような人間の日常活動あるいは海の波浪,気圧変動,風等のような自 然現象によって誘起される地面の微弱な振動である。前者は一般に周期1秒以下の微動で,振 幅に明瞭な日変化が認められる特徴がある。一方,後者は周期1秒以上の微動(脈動という) で,主として気圧変化に伴う風や波浪等の自然現象の規模によって振幅は変化する。

微動は時間的・空間的にも変化するという特徴を持った複雑な波動であり,弾性論的には, 実体波(P波,S波)や表面波(レイリー波,ラブ波)の集まりと考えられる。通常観測される 微動は複雑な微動の発生源,伝播経路,観測地点直下の地下構造などに関する様々な情報を実 体波や表面波の形で含んでいる。ただし,微動源の多くは地表面にあると予想されることから 微動中に含まれる波は実体波に比べて距離減衰の小さい表面波が卓越しているものと考えら れる。この表面波には波の周期(あるいは周波数)によって伝播速度(以後,位相速度)が変 わる,いわゆる「分散性」の性質がある。表面波位相速度の分散性は地下構造に密接に関係し ており,表面波の周期(周波数)と伝播速度の関係がわかれば,逆に,その関係から地下構造 が推定できることになる。以下に,岡田・他(1990)を参考に微動アレイ観測による地下構造を 推定する手法のフローを図A.1.1-4に示す。

- ① 微動アレイ観測:地表に面的に展開した地震観測アレイにより微動を観測する。この時のアレイ形状として、通常、図A.1.1-5に示すような二重正三角形の頂点と重心および各辺の中点に地震計を配置したものが用いられる。
- ② 位相速度の推定:アレイ直下の地下構造の情報を含む表面波の分散性(位相速度-周期の関係)を検出する。この時,空間自己相関法(以下,SPAC法;Aki,1957)を用いる。SPAC法では基本的には円形アレイ(図A.1.1-6参照)を展開し、中心点と半径rの円周上に等間隔に設置した各観測点の相関係数を方位平均した空間自己相関係数を求める。この時、微動が定常確率過程であるということから、空間自己相関係数は

$$\rho(f,r) = J_0(\frac{2\pi f}{c}r)$$

と表現される。左辺は観測量(*p*:空間自己相関係数)であり,得られた空間自己相関係 数*p*(*f*,*r*)は0次のベッセル関数(*J*₀)で変化することを意味している。左辺の観測量を満た すベッセル関数の変数を見つけることができれば,半径*r*における周波数*f*での位相速度*c* が求まる。図A.1.1-6にある周波数(*f*)における空間自己相関係数の変化の例を示す。横軸 は観測点間隔(*r*),縦軸は空間自己相関係数(*p*)を示している。

③ S波速度の推定:表面波位相速度の分散性を利用して、図A.1.1-7に示すように観測位相速度の分散性と一致する地下構造モデルを推定する。この時、P波速度および密度はLudwigetal.(1970)による既存の統計資料からS波速度の関数とし、未知数の数を減らしている。地下構造のモデリングにおいては、本検討では遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm,略称 GA)による地下構造のモデリング方法(長・他,1999)を利用する。GAでは初期モデルとして層の数、各層の層厚の最大値・最小値、S波速度の最大値・最小値を与え、これらの範囲内で残差最小解の解を求める。



図 A.1.1-4 微動アレイ観測のデータ処理・解析手順



図 A.1.1-5 二重正三角形アレイの概念図 r₁, r₂:アレイ半径(r₁=2r₂), ●:地震計設置点(7点の場合)



図 A.1.1-6 SPAC (空間自己相関) 法による位相速度推定の概念図。 左―半径 r における円形アレイ。

右-f=2.0Hzにおける空間自己相関係数(ρ)の例。

● : 観測空間自己相関係数。

実線:0次ベッセル関数。 $\rho=J_0(2\pi fr/c)$ から位相速度(c)が求まる。



図 A.1.1-7 微動アレイ観測による地下構造モデルの推定の概念。

第1層の層厚を0.7km(一点鎖線;モデル1),0.9km(実線;モデル2),1.3km(破線;モデル3)とした場合の Rayleigh 波基本モードの位相速度分散曲線の例。●:観測位相速度。観測 位相速度(●)と最も一致がよい分散曲線となるモデル2が最適地下構造モデルとなる。

山方における微動アレイ観測

大宮市山方周辺において実施した微動アレイ(YMG)観測の観測点配置を図A.1.1-8(a), (b), (c)に示す。微動アレイ観測はR_{max}=496m(以下,Lアレイ),R_{max}=120m(以下,Mアレイ), R_{max}=30m(以下,Sアレイ)のそれぞれ7点で構成される二重正三角形アレイを展開している。 表A.1.1-1に微動アレイ観測を実施した日時を示す。写真A.1.1-Y1~写真A.1.1-Y21に現場写 真を示す。表A.1.1-2にL、MとSアレイの各観測点座標(世界測地系)を示す。なお,M、S アレイの場合,精度よくなるため,各観測点間距離を巻尺で測量した。

アレイ	年月日	時間			
L	2017/07/25	10:10-11:40			
М	2017/07/25	12:25-13:25			
S	2017/07/25	13:50-14:35			

表 A.1.1-1 山方微動アレイ観測の観測日時

表 A.1.1-2 山方微動 L、M、S アレイ観測の観測点座標

St.	緯度	経度	St.	緯度	経度	St.	緯度	経度
No.	[°]	[°]	No.	[°]	[°]	No.	[°]	[°]
L1	36.634674	140.401649	M1	36.636042	140.400443	S 1	36.636066	140.399949
L2	36.630467	140.399150	M2	36.636983	140.399817	S2	36.636299	140.399813
L3	36.638410	140.398910	M3	36.635900	140.401810	S3	36.636040	140.400298
L4	36.634550	140.407006	M4	36.635133	140.399679	S4	36.635830	140.399756
L5	36.634530	140.398700	M5	36.636390	140.399780	S5	36.636146	140.399798
L6	36.636760	140.402880	M6	36.635890	140.400450	S6	36.636069	140.399839
L7	36.632690	140.403690	M7	36.635763	140.399733	S7	36.635984	140.399774



図 A.1.1-8(a) 山方微動アレイ観測地点(Lアレイ)



図 A.1.1-8(b) 山方微動アレイ観測地点(Mアレイ)



図 A.1.1-8(c) 山方微動アレイ観測地点 (Sアレイ, Rmax=30m)



写真 A.1.1-Y1 山方 L アレイ観測点 L1



写真 A.1.1-Y2 山方 L アレイ観測点 L2



写真 A.1.1-Y3 山方 L アレイ観測点 L3



写真 A.1.1-Y4 山方 L アレイ観測点 L4



写真 A.1.1-Y5 山方 L アレイ観測点 L5



写真 A.1.1-Y6 山方 L アレイ観測点 L6



写真 A.1.1-Y7 山方 Lアレイ観測点 L7



写真 A.1.1-Y8 山方 M アレイ観測点 M1



写真 A.1.1-Y9 山方 M アレイ観測点 M2



写真 A.1.1-Y10 山方 M アレイ観測点 M3



写真 A.1.1-Y11 山方 M アレイ観測点 M4



写真 A.1.1-Y12 山方 M アレイ観測点 M5



写真 A.1.1-Y13 山方 M アレイ観測点 M6



写真 A.1.1-Y14 山方 M アレイ観測点 M7



写真 A.1.1-Y15 山方 Sアレイ観測点 S1



写真 A.1.1-Y16 山方 Sアレイ観測点 S2



写真 A.1.1-Y17 山方 S アレイ観測点 S3



写真 A.1.1-Y18 山方 S アレイ観測点 S4



写真 A.1.1-Y19 山方 S アレイ観測点 S5



写真 A.1.1-Y20 山方 S アレイ観測点 S6



写真 A.1.1-Y21 山方 S アレイ観測点 S7

大宮における微動アレイ観測

茨城県大宮市市街地において実施した微動アレイ (OMY) 観測の観測点配置を図 A.1.1-9(a), (b),(c)に示す。微動アレイ観測は R_{max}=510m (以下, Lアレイ), R_{max}=90m (以下, Mアレイ), R_{max}=30m (以下, Sアレイ)のそれぞれ7点で構成される二重正三角形アレイを展開している。 表 A.1.1-3 に微動アレイ観測を実施した日時を示す。写真 A.1.1-O1~写真 A.1.1-O21 に現場写 真を示す。表 A.1.1-4 に L、M と Sアレイの各観測点座標(世界測地系)を示す。なお, M、S アレイの場合,精度よくなるため,各観測点間距離を巻尺で測量した。

アレイ	年月日	時間			
L	2017/07/26	10:05-11:35			
М	2017/07/26	12:45-13:45			
S	2017/07/26	14:20-15:05			

表 A.1.1-3 大宮微動アレイ観測の観測日時

表 A.1.1-4 大宮微動 L、M、S アレイ観測の観測点座標

St.	緯度	経度	St.	緯度	経度	St.	緯度	経度
No.	[°]	[°]	No.	[°]	[°]	No.	[°]	[°]
L1	36.545844	140.417712	M1	36.552063	140.411683	S 1	36.552733	140.409234
L2	36.791700	140.779300	M2	36.552300	140.411000	S2	36.552948	140.409421
L3	36.550550	140.417830	M3	36.552420	140.412630	S3	36.552499	140.409357
L4	36.543775	140.422451	M4	36.551226	140.411706	S4	36.552771	140.408895
L5	36.546970	140.414910	M5	36.552120	140.411180	S5	36.552884	140.409246
L6	36.546920	140.420160	M6	36.551900	140.411430	S6	36.552823	140.409181
L7	36.543400	140.417500	M7	36.551614	140.411441	S 7	36.552824	140.409060



図 A.1.1-9(a) 大宮微動アレイ観測地点(L アレイ)



図 A.1.1-9(b) 大宮微動アレイ観測地点(Mアレイ)



図 A.1.1-9(c) 大宮微動アレイ観測地点 (S アレイ, Rmax=30m)



写真 A.1.1-O1 大宮 Lアレイ観測点 L1



写真 A.1.1-O2 大宮 L アレイ観測点 L2



写真 A.1.1-O3 大宮 L アレイ観測点 L3



写真 A.1.1-O4 大宮 L アレイ観測点 L4



写真 A.1.1-O5 大宮 L アレイ観測点 L5



写真 A.1.1-O6 大宮 L アレイ観測点 L6



写真 A.1.1-O7 大宮 Lアレイ観測点 L7



写真 A.1.1-O8 大宮 M アレイ観測点 M1



写真 A.1.1-O9 大宮 M アレイ観測点 M2



写真 A.1.1-O10 大宮 M アレイ観測点 M3



写真 A.1.1-O11 大宮 M アレイ観測点 M4



写真 A.1.1-O12 大宮 M アレイ観測点 M5



写真 A.1.1-O13 大宮 M アレイ観測点 M6



写真 A.1.1-O14 大宮 M アレイ観測点 M7



写真 A.1.1-O15 大宮 S アレイ観測点 S1



写真 A.1.1-O16 大宮 S アレイ観測点 S2



写真 A.1.1-O17 大宮 Sアレイ観測点 S3



写真 A.1.1-O18 大宮 Sアレイ観測点 S4





写真 A.1.1-O19 大宮 Sアレイ観測点 S5

写真 A.1.1-O20 大宮 S アレイ観測点 S6



写真 A.1.1-O21 大宮 S アレイ観測点 S7

高萩市における微動アレイ観測

高萩市市役所周辺において実施した微動アレイ(TKH)観測の観測点配置を図 A.1.1-10(a), (b),(c)に示す。微動アレイ観測は R_{max}=400m(以下,Lアレイ), R_{max}=100m(以下,Mアレ イ), R_{max}=30m(以下,Sアレイ)のそれぞれ7点で構成される二重正三角形アレイを展開し ている。表 A.1.1-5に微動アレイ観測を実施した日時を示す。写真 A.1.1-T1~写真 A.1.1-T21に 現場写真を示す。表 A.1.1-6にL、MとSアレイの各観測点座標(世界測地系)を示す。なお, MとSアレイの場合,精度よくなるため,各観測点間距離を巻尺で測量した。

アレイ	年月日	時間
L	2017/07/27	07:50-09:20
М	2017/07/27	05:00-06:00
S	2017/07/27	06:25-07:10

表 A.1.1-5 高萩微動アレイ観測の観測日時

表 A.1.1-6 高萩微動 L, M, S アレイの観測点座標

St.	緯度	経度	St.	緯度	経度	St.	緯度	経度
No.	[°]	[°]	No.	[°]	[°]	No.	[°]	[°]
L1	36.712353	140.709540	M1	36.712333	140.709798	S 1	36.712977	140.708420
L2	36.711300	140.705000	M2	36.713168	140.709677	S2	36.712919	140.708081
L3	36.716010	140.710410	M3	36.711920	140.710840	S3	36.713241	140.708517
L4	36.709960	140.712820	M4	36.711739	140.708847	S4	36.712771	140.708651
L5	36.713610	140.707810	M5	36.712680	140.707390	S5	36.712866	140.708267
L6	36.711282	140.711800	M6	36.712400	140.709440	S 6	36.712898	140.708386
L7	36.710640	140.709120	M7	36.712224	140.709135	S7	36.712824	140.708458



図 A.1.1-10(a) 高萩微動アレイ観測地点(Lアレイ)



図 A.1.1-10(b) 高萩微動アレイ観測地点(Mアレイ)



図 A.1.1-10(c) 高萩微動アレイ観測地点(Sアレイ)



写真 A.1.1-T1 高萩 Lアレイ観測点 L1



写真 A.1.1-T2 高萩 L アレイ観測点 L2



写真 A.1.1-T3 高萩 L アレイ観測点 L3 A.1-31



写真 A.1.1-T4 高萩 L アレイ観測点 L4



写真 A.1.1-T5 高萩 L アレイ観測点 L5



写真 A.1.1-T6 高萩 L アレイ観測点 L6 A.1-32



写真 A.1.1-T7 高萩 L アレイ観測点 L7



写真 A.1.1-T8 高萩 M アレイ観測点 M1



写真 A.1.1-T9 高萩 M アレイ観測点 M2 A.1-33



写真 A.1.1-T10 高萩 M アレイ観測点 M3



写真 A.1.1-T11 高萩 M アレイ観測点 M4



写真 A.1.1-T12 高萩 M アレイ観測点 M5 A.1-34



写真 A.1.1-T13 高萩 M アレイ観測点 M6



写真 A.1.1-T14 高萩 M アレイ観測点 M7



写真 A.1.1-T15 高萩 S アレイ観測点 S1 A.1-35



写真 A.1.1-T16 高萩 Sアレイ観測点 S2



写真 A.1.1-T17 高萩 S アレイ観測点 S3



写真 A.1.1-T18 高萩 S アレイ観測点 S4 A.1-36


写真 A.1.1-T19 高萩 Sアレイ観測点 S5



写真 A.1.1-T20 高萩 S アレイ観測点 S6



写真 A.1.1-T21 高萩 S アレイ観測点 S7 A.1-37

日立市における微動アレイ観測

日立市市街地において実施した微動アレイ観測の観測点配置を図 A.1.1-11(a),(b),(c)に示す。 微動アレイ観測は R_{max}=400m(以下,Lアレイ),R_{max}=106m(以下,Mアレイ),R_{max}=30m(以 下,Sアレイ)のそれぞれ7点で構成される二重正三角形アレイを展開している。表 A.1.1-7に 微動アレイ観測を実施した日時を示す。写真 A.1.1-H1~写真 A.1.1-H21 に現場写真を示す。表 A.1.1-8 にL,MとSアレイの各観測点座標(世界測地系)を示す。なお、Sアレイの場合,精 度よくなるため、各観測点間距離を巻尺で測量した。

アレイ	年月日	時間
L	2017/07/27	21:15-22:30
М	2017/07/27	23:20-24:20
S	2017/07/28	10:10-10:55

表 A.1.1-7 日立微動アレイ観測の観測日時

表 A.1.1-8 日立微動 L, M と S アレイの観測点座標

St.	緯度	経度	St.	緯度	経度	St.	緯度	経度
No.	[°]	[°]	No.	[°]	[°]	No.	[°]	[°]
L1	36.592699	140.652539	M1	36.591870	140.650160	S 1	36.592368	140.646274
L2	36.591900	140.648800	M2	36.591930	140.649010	S2	36.592312	140.646599
L3	36.596030	140.653170	M3	36.592690	140.650790	S3	36.592166	140.646051
L4	36.592982	140.656650	M4	36.590990	140.650710	S4	36.592642	140.646174
L5	36.594010	140.650920	M5	36.592300	140.649870	S5	36.592420	140.646462
L6	36.593090	140.654700	M6	36.591810	140.650690	S 6	36.592439	140.646348
L7	36.591780	140.652730	M7	36.591470	140.649830	S7	36.592528	140.646311



図 A.1.1-11(a) 日立微動アレイ観測地点(Lアレイ)



図 A.1.1-11(b) 日立微動アレイ観測地点(Mアレイ)



図 A.1.1-11(c) 日立微動アレイ観測地点(Sアレイ)



写真 A.1.1-H1 日立 L アレイ観測点 L1



写真 A.1.1-H2 日立 L アレイ観測点 L2



写真 A.1.1-H3 日立 L アレイ観測点 L3 A.1-41



写真 A.1.1-H4 日立 L アレイ観測点 L4



写真 A.1.1-H5 日立 L アレイ観測点 L5



写真 A.1.1-H6 日立 L アレイ観測点 L6 A.1-42



写真 A.1.1-H7 日立 L アレイ観測点 L7



写真 A.1.1-H8 日立 M アレイ観測点 M1



写真 A.1.1-H9 日立 M アレイ観測点 M2 A.1-43



写真 A.1.1-H10 日立 M アレイ観測点 M3



写真 A.1.1-H11 日立 M アレイ観測点 M4



写真 A.1.1-H12 日立 M アレイ観測点 M5 A.1-44



写真 A.1.1-H13 日立 M アレイ観測点 M6



写真 A.1.1-H14 日立 M アレイ観測点 M7



写真 A.1.1-H15 日立 S アレイ観測点 S1 A.1-45



写真 A.1.1-H16 日立 Sアレイ観測点 S2



写真 A.1.1-H17 日立 S アレイ観測点 S3



写真 A.1.1-H18 日立 S アレイ観測点 S4 A.1-46



写真 A.1.1-H19 日立 Sアレイ観測点 S5



写真 A.1.1-H20 日立 S アレイ観測点 S6



写真 A.1.1-H21 日立 S アレイ観測点 S7 A.1-47

A.1.2 地下構造のモデル化

山方における位相速度の推定

微動データについて, L アレイ, M アレイとS アレイの各観測点ではサンプリング間隔 100Hz で,記録長はL アレイ 90 分間, M アレイ 60 分間, S アレイでは 45 分間である。図 A.1.2.1-1 に 得られた観測微動波形例(UD 成分)を示す。解析には L、M、S アレイともに, 40.96 秒間を解 析区間の単位として 40 秒間ずらしながら,時間的,空間的に安定した 5 区間に対して SPAC 法

(Aki, 1957)を適用し、微動中に含まれる表面波(Rayleigh 波)位相速度1つを推定し、これを 繰り返し、同様な位相速度9つ(合計45区間)を推定する。この9つの位相速度の平均値と標 準偏差は山方アレイの位相速度の平均値と標準偏差となる。

空間自己相関係数の推定に用いた解析パラメータを表 A.1.2.1-1 に示す。なお,スペクトルを 求める際のスムージング長について、L アレイは 0.24414Hz、M アレイは 0.24414Hz、S アレイ は 0.341797Hz である。図 A.1.2.1-2 に各観測点の5区間の平均パワースペクトルを示す。図 A.1.2.1-3 に空間自己相関係数(図中の。)の例を示す。図中の実線は空間自己相関係数に対して フィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)を示しており,そのフィッティングから位相速度 が得られる。図 A.1.2.1-4 に観測位相速度を示す。

アレイ	L	М	S	
データブロック長	40.96s	40.96s	40.96s	
ブロック移動時間	40.0s	40.0s	40.0s	
ブロック数	45	45	45	
解析周波数範囲	0.0-5.0Hz	0.0-5.0Hz	0.0-10.0Hz	
インバージョン	0.00.2.2011	2 20 4 0011	4 00 0 0011	
で用いた周波数範囲	0.60-2.30Hz	2.30-4.90Hz	4.90-9.90Hz	
解析周波数間隔	0.050Hz	0.050Hz	0.10Hz	

表 A.1.2.1-1 空間自己相関係数の計算に用いた解析パラメータ(山方)



図 A.1.2.1-1(1) 山方(Lアレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)



図 A.1.2.1-1(2) 山方(M アレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)

Array : 0725S_U	. I II	dir.
man him how	man man	the short with any and short of the second o
how we wanted	the man the second s	the contraction of the second second
Marine Marine and a start when the s		the whether and the top the the second
a second and the second s	the man while the	and the second of the second o
I WANT MANY PROVIDENT AND	al and the second s	The state of the second st
With the state of the second	And the second	and the second state and the second state of the second second second second second second second second second
the second and the second and the second	ather and the second	High white and the second of t
	1	
(nothing on the production and the product of the p		
		he was a start w
and the second		
		MILINAL INTERNET AND A CONTRACT OF A CONTRACT
mann	mmmm	hand the second se
man	monte	An and the second and the second s
manna	manu	Martin Martin Martin Martin Martin
Marine Andren	my many and the second	My have a second and the second and
muthyman mar ran Mellone.	man my little bould believe	h the many shorted and the rest of the state has
much mark have been been and the second seco	ערעייאויג'אוויאוויאיי איי איי איישי יאויג'איואיעעעעעע	A the day of the second second of the second s
man han here	and the second	A man marked and a starter And
m	hanna	man have been a second and have been a second
which	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Mar
m	, mar and the second se	v ·····
www.www.w	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	when the second se
manapple	manna	yreen many and highly and have a second when the second se
www.www.dtupme.www.hur.you	American	ymmenser with mental the second
www.www.what	m man man	www.www.www.www.www.www.
	10	11 12
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	man	www.www.www.www.www.www.www.www.www.ww
······	man	www.when.when.when.when.when.when.when.w
4	man	
,	man	
watt	marker which and the share of the	Here a stand and the second and the
Mr. M. M. Marine	$\sim \sim $	where the second s
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	www.www.www.www.www.www.www.www.www.ww
2 معنى جس علم ل الأليان السوارية الجاري باللم جرية	13	14 15 As O and on a configuration of the second state of the secon
		And an and a second with the second s
		All the second to the second
		www.
And Constrained All the second states and the second second second second second second second second second s	-	mmm
والمحصور والجمع والجلان والجلودية والجلال الجلال المحاول والمسائيلة والمحمول	*************	
ی بیدی میں بینانی ایرانی ایرانی ایک ب	1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.	
production and the set of the set of	M Mumm	minim

図 A.1.2.1-1(3) 山方(Sアレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)



図 A.1.2.1-2 山方(L, M、Sアレイ)における各観測点の5ブロックの平均パワースペクトル



図 A.1.2.1-3(1) 山方(Lアレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.1-3(2) 山方(M アレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.1-4 山方 (L, M, S アレイ) における観測位相速度

### ② 大宮における位相速度の推定

微動データについて, Lアレイ, MアレイとSアレイの各観測点ではサンプリング間隔 100Hz で,記録長はLアレイ 90 分間, Mアレイ 60 分間, Sアレイでは 45 分間である。図 A.1.2.2-1 に 得られた観測微動波形例(UD 成分)を示す。解析には L、M、Sアレイともに,40.96 秒間を解 析区間の単位として 40 秒間ずらしながら,時間的,空間的に安定した 5 区間に対して SPAC 法 (Aki, 1957)を適用し,微動中に含まれる表面波(Rayleigh 波)位相速度 1 つを推定し,これを繰 り返し,同様な位相速度 9 つ(合計 45 区間)を推定する。この 9 つの位相速度の平均値と標準 偏差は大宮アレイの位相速度の平均値と標準偏差となる。

空間自己相関係数の推定に用いた解析パラメータを表 A.1.2.2-1 に示す。なお,スペクトルを 求める際のスムージング長について、Lアレイは 0.195313Hz、Mアレイは 0.244141Hz、Sアレ イは 0.341797Hz である。図 A.1.2.2-2 に各観測点の 5 区間の平均パワースペクトルを示す。図 A.1.2.2-3 に得られた空間自己相関係数(図中の。)の例を示す。図中の実線は空間自己相関係数 に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)を示しており,そのフィッティングから 位相速度が得られる。図 A.1.2.2-4 に観測位相速度を示す。

アレイ	L	М	S
データブロック長	40.96s	40.96s	40.96s
ブロック移動時間	40.0s	40.0s	40.0s
ブロック数	45	45	45
解析周波数範囲	0.0-5.0Hz	0.0-5.0Hz	0.0-10.0Hz
インバージョン	0.20.2.0011-	2 00 4 (011-	4 (0 0 0011-
で用いた周波数範囲	0.30-2.00HZ	2.00-4.60HZ	4.60-9.90Hz
解析周波数間隔	0.05Hz	0.05Hz	0.10Hz

表 A.1.2.2-1 空間自己相関係数の計算に用いた解析パラメータ(大宮)



図 A.1.2.2-1(1) 大宮(Lアレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)



図 A.1.2.2-1(2) 大宮(M アレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)

with the the three and the second of the sec	
to the second of the second of the second	the second state and the secon
	and the second of the second o
Man and the statement of the state	the second state of the second state of the second state of the second second second second second second second
	wanter and the second of the
	and the second state of th
	and a state of the second s
	washed a state of the second state of the seco
and an instantial production of the second	
and a start of the	how and the second s
	where a state of the state of the state of the second state of the
A A A INALITATION OF A REAL AND A	and a second
A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	manness atter remained the strange and an atter and the strange atter and the strange atter and the strange atter and the strange atter at
ALTER THE AND A DECEMBER OF A	mannenaan an
the second to the second second second	mmmmmmmmmmmnnahlernensellernensenhlernensenhlernensen
Marine Will Will Brokensterner	in American Annone Alt Abel Alexandra and a the Althe Antice and a second a
A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	man him and her and have been and the second s
Annum I with the states of the second second	mmmmmmmmmmhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhhh
Annound the state moure and	ammunthe man Marthe manus and a second
10	
	when the first and the second state of the second
Manual and a state of the second state of the	and the second
a start and a start where a	ang talah ang talah sa
	white the second s
And the second	and the second
a the way and a stand a stand a second and the state of the state of the second s	where the second s
And the product of the and the address of the second of	and the second
13	
when any white many production and the	the second se
Martin an a shirt the has a star a shirt and a star a shirt and a star a shirt and a star a shirt a star a star	The second s
with my firm when the man and the second second	and the second
manute manufacture and the second second	
With Manage Marane and the second state of the second second second second second second second second second s	
with an	
with an and the many second second second	and the second

図 A.1.2.2-1(3) 大宮(Sアレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)



図 A.1.2.2-2 大宮(L, M、Sアレイ)における各観測点の5ブロックの平均パワースペクトル



図 A.1.2.2-3(1) 大宮(Lアレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.2-3(2) 大宮(M アレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.2-4 大宮(L, M, Sアレイ)における観測位相速度

### ③ 高萩における位相速度の推定

微動データについて, Lアレイ, MアレイとSアレイの各観測点ではサンプリング間隔 100Hz で,記録長はLアレイは 90 分間, Mアレイは 60 分間, Sアレイ 45 分間である。図 A.1.2.3-1 に 得られた観測微動波形例(UD 成分)を示す。解析には L、Mアレイの場合,40.96 秒間を解析 区間の単位として 40 秒間ずらしながら,時間的,空間的に安定した 5 区間に対して SPAC 法(Aki, 1957)を適用し,微動中に含まれる表面波(Rayleigh 波)位相速度 1 つを推定し,これを繰り返 し,同様な位相速度 9 つ(合計 45 区間)を推定する。この 9 つの位相速度の平均値と標準偏差 は高萩アレイの位相速度の平均値と標準偏差となる。

空間自己相関係数の推定に用いた解析パラメータを表 A.1.2.3-1 に示す。なお,スペクトルを 求める際のスムージング長について、Lアレイは 0.195313Hz、Mアレイは 0.244141Hz、Sアレ イは 0.341797Hz である。図 A.1.2.3-2 に各観測点 5 区間の平均パワースペクトルを示す。図 A.1.2.3-3 に得られた空間自己相関係数(図中の。)の例を示す。図中の実線は空間自己相関係数 に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)を示しており,そのフィッティングから 位相速度が得られる。図 A.1.2.3-4 に観測位相速度を示す。

アレイ	L	М	S
データブロック長	40.96s	40.96s	40.96s
ブロック移動時間	40.0s	40.0s	40.0s
ブロック数	45	45	45
解析周波数範囲	0.0-5.0Hz	0.0-5.0Hz	0.0-10.0Hz
インバージョン	0.20.1.2011-	1 20 2 5011-	2.50.0.0011-
で用いた周波数範囲	0.30-1.20HZ	1.20-2.30HZ	2.30-9.90HZ
解析周波数間隔	0.05Hz	0.05Hz	0.10Hz

表 A.1.2.3-1 空間自己相関係数の計算に用いた解析パラメータ(高萩)

	Array: 0727L_U	
St. 1		0.05628
St. 2 St. 3		
St. 4	and the second	
St. 5	a ser a s	
St. 6		
Ju /		3
St. 1		
St. 2 St. 3	In the second descendences and the second	
St. 4	him when all the proper second and the second and the second s	
St. 5	en versen het Weisenen i siller in sieneren en en en der ander seiter in der einen eine Bertelle in bestellt in Der eine Bertelle in der eine Berteller in der einer der eine Berteller in der eine Berteller in bestellt in der	
St. 6		
		6
St. 1		
St. 2 St. 3		
St. 4	were the the state of the second of	
St. 5	Marine and the second	
St. 6		
		9
St. 1	when an	
St. 2	while a reference of the second s	
St. 4	ward was presented in the second and and an an and the second and and a second a	
St. 5		•
St. 6		
54. 7		2
St. 1		
St. 2 St. 3	man and a proving the second and the second s	
St. 4	man have an a second from the second for the second s	
St. 5		
St. 6		
		5
St. 1		
St. 2	and the second of the	
St. 4	Will be a sine was seen and a set of the second bearing the second second and the second s	
St. 5		
St. 6 St. 7		
		8

図 A.1.2.3-1(1) 高萩(Lアレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)

	Array: 0727M_U	
St. 1	St. 1 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	nationalised and a contraction of the contraction o
St. 2	St. 2 ranning of the faith of the faith of the stand of t	manipulation and the second states and the s
St. 3	St. 3 Minor manufactory of an indiana in a second and a second as a se	nt ser in property of the source of the second second and the second second second second second second second
St. 4	St. 4 Harrowskiller Knowskiller Knowskiller Vienneter Higher Ball and and start war and an and the start and the sta	Ing wanted and a construction with a second state of the second st
St. 5	St. 5 manual manual manual manual manual manual manual manual and the second and a second and the se	entrementation and a sector of the sector of
St. 6	St. 6 muchantering and produced and standard and standard and a stan	and a martine and the second and the second second second second second second
St. 7	St. 7 margaretelited and international and international and	have a superior and the second of the second of the second s
:		21
St. 1	se 1 การหล่างสมบูลที่มีคลามหลังสารหลายคลามหลายคลามหลายคลามหลายคลามหลายคลามหลายคลามหลายคลามหลายคลามหลายคลามหลาย	wan was an and the second s
St. 2	St. 2 Willington and the many the many the second of the s	internation of the state of the second state of the second state of the second state of the second state of the
St. 3	St. 3 WARNER MANY AND	ana ( Anthrony Market an Anthron Market and Anthrop Anthrony Anthrop Anthrop Anthrop Anthrop Anthrop Anthrop An
St. 4	St. 4 Manual and a stand of the	
St. 5	ses where the product of the second	week a special water water and a second state of the second state of the second state of the second state of the
St. 6	Se 6 MANHAMANANANANANANANANANANANANANANANANAN	he who have a server which and server a server and the server and the server and
St. 7	St. 7 Miller Hall Hall Market Ma	and for the second with the second second second
2	21 22 23	24
St. 1	$St. 1 \\ water and provide the constraint of th$	manningaminantationshippingaranana
St. 2	St. 2 Houte Hand Martin Strate And Anna Martin and Strate Anna Martin Strate Martin Strate Martin Strate Martin Strategy and Strategy	ana arran manager and a straight and the straight and the second
St. 3	se 3 /#Walay/sty/station/walay/fatter//fatter/interneting/sterneting/sterneting/station/interneting/station/interneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting/sterneting	analmenned branchese and the second the second s
St. 4	Se. 4 undertailed the main of the provident of the second state of the	ware a rear for the second of the hold of the hold of the second state of the second state of the second states
St. 5	$s_{c,s}$ analysis of the second state of the	march. May American March M
St. 6	se s annihiladahililadanihingi lawannihingi lawannihina anang taan dalamin antika kanya kanya kanya kanya kanya	marts. Many president and a second
St. 7	St. 7 Mathematicher and Date	يستريبه والمراجع والمراجع فالمرتبية الأرابية المرتبية والمرتبي ومرتبع والمراجع والمراجع والمراجع والمراجع
	A real field of the line of the state of the	a da a se da construction de la la la de la d
2	24 $25$ $26$	27
5t. 1	224 225 26 St. 1 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	หมดของของประกอบครั้งของประกอบครั้งของประกอบครั้งของประกอบครั้ง 27 พระสารายการที่มีการการการการการการการการการการการการการก
St. 1 St. 2	24 25 26 St. 1 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	nan an
5t. 1 St. 2 St. 3	24 25 26 St. 1 months with the set of the s	nan a vera general and a sign and a general general general source proved was for the second second and the second second where get a second second where get a second second where get a second second second second se
St. 1 St. 2 St. 3 St. 4	$ \begin{array}{l} 24 \\ \hline 25 \\ \hline 26 \\ \hline 27 \\ 27 \\$	nan an an an an ann an an an an an an an
St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5	$ \begin{array}{l} 24 \\ \hline 25 \\ \hline 26 \\ \hline 27 \\ 27 \\$	nan an an an an ann an an an an an an an
5t. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6	$ \begin{array}{l} 24 \\ \hline 25 \\ \hline 26 \\ 26 \\$	nan an an an an ann an an an an an an an
St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 6	$ \begin{array}{l} 24 \\ \hline 25 \\ \hline 26 \\ 26 \\$	nan an
5t. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7	24 34 34 34 35 34 34 34 34 34 34 34 34 34 34	and a second preserve and a second a second and a second
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1	24 26 21 22 24 25 26 27 28 28 20 28 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	and a second preserve and a second and a sec
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 1	24 26 21 22 24 25 26 27 26 27 28 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	and a second preserve and a second and a sec
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 2 St. 3	24 51. 2 51. 3	27 manual of a configuration of the state o
St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4	24 51. 2 51. 3	27 manual of a configuration of the state o
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 2 St. 1 St. 2 St. 4 St. 5 St. 4 St. 5	24 51. 2 51. 3	27 magen i verse og versen versen verse ander som i som i magen i verse og versen verse
St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 5 St. 5 St. 5 St. 4	24 25 26   51.1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 </td <td>27 magne i serie na na</td>	27 magne i serie na
St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 5 St. 5 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7	26 26   51. 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 </td <td>$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i$</td>	$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i$
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 7 St. 1 St. 7 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 5 St. 5 St. 5 St. 7 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 3 St. 4 St. 5 St. 7 St. 5 St. 7 St. 5 St. 7 St. 5 St. 7 St. 7	24 25 26   51.1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 </td <td>$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i$</td>	$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{i$
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 3 St. 4 St. 7 St. 3 St. 4 St. 5 St. 3 St. 4 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 7 St. 1 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 3 St. 4 St. 5 St. 4 St. 5 St. 5 St. 5 St. 5 St. 5 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 7	24 25 26   51.1 1 25 26   51.2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 </td <td>27 mager i serie na investigation and a sign and a first first i serie and a sign and a</td>	27 mager i serie na investigation and a sign and a first first i serie and a sign and a
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 5 St. 6 St. 7 St. 5 St. 6 St. 7 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 5 St. 6 St. 7 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 7 St. 6 St. 7 St. 7 S	$ \begin{array}{c} 26 \\ 31 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ $	27 magne i se an a general and a second a secon
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 2 St. 3 St. 4 St. 7 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 3 St. 4 St. 5 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 6 St. 7 St. 5 St. 6 St. 6 St. 7 St. 6 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 7 St. 6 St. 7 St. 7 St. 6 St. 7 St. 7	$\frac{1}{2}$	nemen and a second present and a second a se
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 4 St. 5 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 3 St. 4 St. 5 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 5 St. 6 St. 7 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 5 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 6 St. 7 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 4 St. 7 St. 3 St. 4 St. 7 St. 7 St. 7 St. 7 St. 7 St. 7 St. 4 St. 7 St. 7 St. 4 St. 7 St. 7 St. 4 St. 7 St. 4 St. 7 St. 4 St. 7 St. 7 St. 7 St. 4 St. 7 St. 7	$\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}$	name and a second present and a second and a part of the second and a second a seco
St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 5 St. 5	$ \begin{array}{c} 26 \\ 31 \\ 1 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \\ $	nemen and a second present and a second and
2 St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 2 St. 4 St. 5 St. 4 St. 5 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 2 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 2 St. 1 St. 2 St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St.	$ \begin{array}{c} 2^{4} & 2^{5} & 2^{6} \\ \hline \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ \hline \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} \\ 1 & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^{5} & 2^$	name of a construction of the second of the

Time(Minute)

# 図 A.1.2.3-1(2) 高萩(M アレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)

Array: 0727 <u>5</u> U	
$s_{1.1}$ where the advected of the product of the second	
st 2 march della have been a substantial and the second and the second as the	0.02125 mm/s
S. S. WANTERSTON, MANTERSTON, MANTERSTON, MANTERSTON, AND	A.
Later & be but a hill the second of the second of the second second of the secon	T ⊥0
	JF La
	T.
St. 6 (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (19	1 ⁹
2r 2 Tanga Manana M	
west A still de son welle seine noted A set bei welle her en eine alle alle and and alle and a still and a still a st	
	2
	17 N
	Ú.
St. 6 DEVENTION TO MANY AND AND A DEVENTION OF A DEVENT	
ze z hudela (haria da baria da baria) haria (haria) haria haria da baria da bari	₩ t
Helded like sus and the astronomical and the sale of the self	f
	<b>M</b>
St. 5 We want her and the second state of the	24 1
SE 6 WHAT WANTER AND THE TARGET AND THE AND THE AND THE AND THE ADDRESS OF THE ADDRES	M
ze z Milit Viskin (1. viskin i kulturi k	M A
Willer Weiterstein werden der Berterkenter werden der Berterker auf dem eine Berterker	, d
	d
	d.
	£
	1
St. 6 UNIT (CONTRACTOR OF THE OTHER O	1
2 2 2 1 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	12
5. None of a set of the set of th	h
5. A have seen when the back balance of the man and a straight the base of a straight way a bar of the straight from t	k.
s a the second	4
S. A Margaria hash tu takan	ĥ
	k.
s of the second description of the second	Å
אין	15
se a the substration of the substration of the substrate of	W
St. 2 1 A Public Labor Will Manufacture and a state of the state of th	h
St. 3 MANUMANTANANANANANANANANANANANANANANANANANAN	Le la
St Henry Halland Andrew Welter Ballander Allander Hannes Market Hannes Balantes Balandes Balandes Ballandes	W
	w
	M.
12 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19	18
Time(Minute)	-

# 図 A.1.2.3-1(3) 高萩 (S アレイ) における観測微動波形の例(UD 成分)



図 A.1.2.3-2 高萩(L, M, Sアレイ)における各観測点の5ブロックの平均パワースペクトル



図 A.1.2.3-3(1) 高萩(Lアレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた0次のベッセル関数(*J*₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.3-3(2) 高萩(M アレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.3-3(3) 高萩(S アレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.3-4 高萩(L, M, Sアレイ)における観測位相速度
### ④ 日立における位相速度の推定

微動データについて, Lアレイ, MアレイとSアレイの各観測点ではサンプリング間隔 100Hz で,記録長はLアレイ 75分間, Mアレイ 60分間, Sアレイでは 45分間である。図 A.1.2.4-1 に 得られた観測微動波形例(UD 成分)を示す。解析にはL、M、Sともに 40.96秒間を解析区間の 単位として 40秒間ずらしながら,時間的,空間的に安定した 5 区間に対して SPAC 法(Aki, 1957) を適用し,微動中に含まれる表面波(Rayleigh 波)位相速度 1 つを推定し,これを繰り返し,同 様な位相速度 9 つ(合計 45 区間)を推定する。この 9 つの位相速度の平均値と標準偏差は日立 アレイの位相速度の平均値と標準偏差となる。

空間自己相関係数の推定に用いた解析パラメータを表 A.1.2.4-1 に示す。なお,スペクトルを 求める際のスムージング長について、Lアレイは 0.195313Hz、Mアレイは 0.292969Hz、Sアレ イは 0.439453Hz である。図 A.1.2.4-2 に得られた各観測点の 5 区間の平均パワースペクトルを示 す。図 A.1.2.4-3 に得られた空間自己相関係数(図中の。)の例を示す。図中の実線は空間自己相 関係数に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)を示しており,そのフィッティン グから位相速度が得られる。図 A.1.2.4-4 に観測位相速度を示す。

アレイ	L	М	S
データブロック長	40.96s	40.96s	40.96s
ブロック移動時間	40.0s	40.0s	40.0s
ブロック数	45	45	45
解析周波数範囲	0.0-5.0Hz	0.0-5.0Hz	0.0-10.0Hz
インバージョン	0.00.1.5011-	1.50.4.(011-	4 (0 0 0011-
で用いた周波数範囲	0.90-1.30HZ	1.30-4.60HZ	4.00-9.90HZ
解析周波数間隔	0.05Hz	0.05Hz	0.10Hz

表 A.1.2.4-1 空間自己相関係数の計算に用いた解析パラメータ(日立)

St. 1		0.03177
St. 3		
St. 4		
St. 5		
St. 7		
St. 1		
St. 2		
St. 3		
St. 4		
St. 6		
St. 7		
St. 1		
St. 2		
St. 4		
St. 5		
St. 6	ha a dia den dilita sur di nanalah la la dinanakan da kadada mandudi likena andi dira a a dilihi a dalah dina s	
St. 1		
St. 2		
St. 4		
St. 5		
St. 7		
St 1		
St. 2		
St. 3	s in the provide sector of the	
St. 4		
St. 6		
St. 7		
St. 1		
St. 2		
St. 3	and the distribution of the second property in the second distribution of the second	
St. 5		
St. 6		
St. 7	7 neter gjere mer mer mer mer mer mer mer mer mer	
	Time(Minute)	

図 A.1.2.4-1(1) 日立(Lアレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)

Array: 0728M_U	
St. 1 multon and an antipute the state of th	an han we want the set of the set
St. 2	
St. 3 will be a state of the st	
St. 4 Northernet for Telefort and the second s	
St. 6	an a
St. 1 Whether & Section of the sector of the	hargen and an in the second second and a second
St. 2	and an
	۲. « ۲۰۰۶ «۲۰۰۶» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲۰۰۰» «۲
St. 4	
st. 5	
St. 1 main and a second s	
St. 2	
St. 3	
St. 4	
St. 6	
St. 7	
St. 1 444444414454444444444444444444444444	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
St. 2	ter i son with an filling and a filling and a son an a state in the son and a son a son and a son a son a son a
St. 5 Ministration and the second	han after het hen hen hen ander konsten after het het het at der sone eine het het het het het het het het het he
	nen en
St. 1 militansin and an and a strategy and a strategy and a second and a second and a second and a second and a	the way have were an any set of a second
St. 2 Hall and the second state of the second s	respectively for the first water water water first first for the second second and and the second
St. 3 http://www.statestatestatestatestatestatestatestat	**************************************
se. 4 with the set interference in the set of the set o	
St. 5 Million a salar dan salar dada salar da kanalar da salar da salar da salar da salar da salar da salar da	
St. 6 MANTERSON AND THE STORES AND	
Se. 1	um manin an
St. 2 An all the second states and the	and the second
St. 3 while build in the second state of the second state of the second state of the second state of the second	server a transfer of the server and the server and the server and the server of the server and the server of the ser
St. 4	an de referer en arrende de la canada en jare la contra en antidad de seu en a contra de la contra de la contra
St. 6 	an de referen en gran de la secta en parte se la provincia de la secta en anticipad de la familia de la secta e Anticipad de la secta de la secta de la provincia de la secta d Anticipad de la secta de la secta de la provincia de la secta d
St. 4 St. 5 St. 6 St. 7 St. 7	and a spin to maximum for the two safes and a spin to be the set of a set of a spin to be a spin

図 A.1.2.4-1(2) 日立(M アレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)

			<b>1</b>		
			·······	**************************************	
		։ յուրությունը՝ էր արդրությունը։ Ուսեներ, ուսեներին արդրությունը երկրությունը ուսեներ, ուսեներին արդրությունը երկրությունը	անիս անդապի ստոնիս ֆիլինի դիսարու Ամել էջնունին էին, որուստնիններությո		
in a share a s			der an		
19 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19 -	1		22		
	·····				
					ann an an an an ann an Ann. Anns an Anns an Anns an Anns
anner en andersenskræfte offiske forskenden for forskende som Anner en anner som efter forskelde forskende som en anderse som efter som efter som efter som efter som efter s	adayahar	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	*******		
	an a		terrentere Antonio di La Cardana Antonio di La Cardana		
			AND		
	An			a a station of the second station of the second	
ata ata ina ana ana ata ina ana ana ata ina ana ana ana ata ina ana ana ana ana ana ana ana ana an	and the stand built service the			aya mana falika kata da na sa	and a state of the
indial da a a a a a a a a a a a a a a a a a			·····		المراجع بين من المراجع المراجع مراجع من
atyisflationen on in forst apost atom	eleffi berness vervenskerverversesjo elefter		······································		and and a conservation of the state of the s
	1		1		
			anna a mhaladheann annabhtan Malainn		an a
n an Labords (bage)			ار ار ار ۲ می از بار از ۲ مرکز از بار از ۲۰ می باد با با با از ۲۰ می بارد از ۲۰ می از ۲۰		Han and the second s
	13 Nachter an State an State an State an State an State and State and State and State and State and State and State	s ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' '		a ( ) ( Shara Markana M	
		ajarra da garra da falan kumu ai pisanan Mari da kumu		ernejbili seineiteiteineiteineinen enneteineiteineiteiteiteiteineiteinen maa	
	nannallan an an an air an	en filmenne som en som filmen at som filmen som filmeter Andere som en		ern senden in instrumente der nöhnner um gespähligt hängligtet är äftekköller söriener i som	
	the second s		- hhiphiphiphiphi and a second	n an	18
		Time(Min	ute)		r

図 A.1.2.4-1(3) 日立(Sアレイ)における観測微動波形の例(UD 成分)



図 A.1.2.4-2 日立(L, M, Sアレイ)における各観測点の5ブロックの平均パワースペクトル



図 A.1.2.4-3(1) 日立(Lアレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた0次のベッセル関数(J₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.4-3(2) 日立(M アレイ)における空間自己相関係数(図中の。)および得られた空間自 己相関係数に対してフィッティングさせた 0 次のベッセル関数(*J*₀)(図中の実線)の例



図 A.1.2.4-4 日立(L, M, Sアレイ)における観測位相速度

#### ⑤ S 波速度構造モデルの推定

観測位相速度に対して GA(Genetic Algorithm;長・他,1999)を用いて S 波速度構造モデル を求めた。GA の計算では、層数ができるだけ少ないモデルで観測位相速度が説明できるように 試行錯誤を行い、4層+半無限速度構造モデルを採用した。なお、前述したように P 波速度お よび密度は Ludwig et al. (1970)による既存の統計資料から S 波速度の関数としている。山方、大 宮、高萩、日立において表 A.1.2.5-1~表 A.1.2.5-4 で示す S 波速度およびその層厚の探索範囲を 設定して速度構造モデルの推定を行った。その際、GA のパラメータとして、1 世代当たりの個 体数を 10、世代数は 5000 世代とし、乱数の初期値を変えて 10 回試行し、残差最小解を最適な 速度構造モデルとした。推定された地下構造モデルの物性値を表 A.1.2.5-2~表 A.1.2.5-8 に示す。 図 A.1.2.5-1~図 A.1.2.5-4 にそれぞれ山方、大宮、高萩、日立での観測位相速度とともに最適な 地下構造モデルによる Rayleigh 波基本モードの位相速度分散曲線を示す。各観測点ともに推定地 下構造モデルによる Rayleigh 波基本モードの位相速度分散曲線は観測位相速度とよく一致して おり、観測位相速度をよく説明できる地下構造モデルの推定が可能であった。

	層 厚	(m)	Vs (km/s)		
No.	下限	上限	下 限	上限	
1	15	40	0.350	0.600	
2	30	55	0.850	1.200	
3	300	450	1.500	2.500	
4	20	50	2.600	3.200	
5			3.200	3.600	

表 A.1.2.5-1 GA の探索範囲(山方 YMG)

表 A.1.2.5-2 GA の探索範囲(大宮 OMY)

	層 厚	(m)	Vs (km/s)		
No.	下 限	上限	下限	上限	
1	10	35	0.300	0.500	
2	60	110	0.600	0.850	
3	450	600	1.000	1.400	
4	850	1100	1.400	2.000	
6			2.800	3.600	

表 A.1.2.5-3 GA の探索範囲(高萩 TKH)

	層 厚	(m)	Vs (km/s)		
No.	下限	上限	下 限	上限	
1	10	40	0.250	0.400	
2	140	200	0.450	0.600	
3	650	900	1.400	2.000	
4	1100	1350	2.000	2.500	
5			2.800	3.600	

No.	層 厚	(m)	Vs (km/s)		
	下 限	上限	下 限	上限	
1	10	40	0.250	0.450	
2	60	90	0.750	1.200	
3	150	250	1.400	1.800	
4	200	450	1.600	2.200	
5			2.900	3.600	

表 A.1.2.5-4 GA の探索範囲(日立 HTC)

表 A.1.2.5-5 推定地下構造モデルによる各層の物性値(山方 YMG)

No.	Thickness	Depth	Vs	Vp	Density
	(m)	(m)	(km/s)	(km/s)	$(g/cm^3)$
1	25	0-25	0.455	1.85	1.86
2	40	25-65	1.000	2.38	2.07
3	367	65-432	1.815	3.44	2.30
4	30	432-462	2.980	5.19	2.56
5			3.480	6.07	2.73

表 A.1.2.5-6 推定地下構造モデルによる各層の物性値 (大宮 OMY)

No.	Thickness	Depth	Vs	Vp	Density
	(m)	(m)	(km/s)	(km/s)	$(g/cm^3)$
1	19	0-19	0.415	1.81	1.84
2	80	19-99	0.750	2.14	1.99
3	500	99-599	1.160	2.53	2.12
4	980	599-1579	1.655	3.22	2.26
5			3.350	5.82	2.68

No.	Thickness	Depth	Vs	Vp	Density
	(m)	(m)	(km/s)	(km/s)	$(g/cm^3)$
1	22	0-22	0.300	1.70	1.78
2	168	22-190	0.505	1.89	1.88
3	790	190-980	1.800	3.42	2.30
4	1250	980-2230	2.120	3.88	2.37
5			3.050	5.31	2.58

表 A.1.2.5-7 推定地下構造モデルによる各層の物性値 (高萩 TKH)

表 A.1.2.5-8 推定地下構造モデルによる各層の物性値 (日立 HTC)

No.	Thickness	Depth	Vs	Vp	Density
	(m)	(m)	(km/s)	(km/s)	$(g/cm^3)$
1	20	0-20	0.330	1.72	1.80
2	75	20-95	0.895	2.27	2.04
3	180	95-275	1.750	3.35	2.28
4	288	275-563	1.860	3.50	2.31
5			3.500	6.12	2.74



図 A.1.2.5-1 山方における観測位相速度(図中の。)と推定地下構造モデル(表 A.1.2.5-5)から 計算される Rayleigh 波基本モードの位相速度分散曲線(図中の赤実線)の比較。



図 A.1.2.5-2 大宮における観測位相速度(図中の。)と推定地下構造モデル(表 A.1.2.5-6)から 計算される Rayleigh 波基本モードの位相速度分散曲線(図中の赤実線)の比較。



図 A.1.2.5-3 高萩における観測位相速度(図中の。)と推定地下構造モデル(表 A.1.2.5-7)から 計算される Rayleigh 波基本モードの位相速度分散曲線(図中の赤実線)の比較。



図 A.1.2.5-4 日立における観測位相速度(図中の。)と推定地下構造モデル(表 A.1.2.5-8)から 計算される Rayleigh 波基本モードの位相速度分散曲線(図中の赤実線)の比較。



図 A.1.2.5-5 推定地下構造モデルによるS波速度構造モデル(山方)



図 A.1.2.5-6 推定地下構造モデルによるS波速度構造モデル(大宮)



図 A.1.2.5-7 推定地下構造モデルによる S 波速度構造モデル(高萩)



図 A.1.2.5-8 推定地下構造モデルによる S 波速度構造モデル(日立)

⑥ 単点微動における水平動と上下動のスペクトル比(H/V スペクトル比)

茨城県の K-NET 観測点(IBR002、IBR003、IBR004 と IBRH16)の傍に単点微動 4 ヶ所を設置 し、単点微動の観測を行った。

なお、山方,大宮,高萩および日立アレイ観測について,すべての観測点は3成分の地震計を 使い,3成分の微動を記録した。ここで、山方アレイ:L1、M1、S1;大宮アレイ:L1、M 1、S1;高萩アレイ:L1、M1、S1および日立アレイのL1、M1、S1を単点微動として、 水平動と上下動のスペクトル比(H/Vスペクトル比)を計算する。

図 A.1.2.6-1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31 に観測点毎の3 成分微動観測波形を 示す。

スペクトル解析を行う場合,収録された微動データに対し、目視で交通ノイズ等を避け,比較 的定常な40.96秒間の解析区間を10区間選び出し,次に、選び出されたブロックのデータからFFT によって,各成分のフーリエスペクトルを計算し,なお、平均フーリエスペクトルを算定する。

次に、次式を用いて H/V スペクトル比を求める。

# $(H/Vスペクトル比) = \frac{\sqrt{(NS成分) \times (EW成分)}}{(UD成分)}$

これをその地点の H/V とした。

図 A.1.2.6-2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32 に各測点の H/V スペクトル比を示 す。図中には成分毎(NS, EW, UD)のフーリエスペクトル,ベクトル合成のスペクトル比を示して いる。図 A.1.2.6-33~図 A.1.2.6-37 に各アレイの選んだ測点における H/V の卓越周波数を示す。 図 A.1.2.6-38 に上述の方法から得られた観測卓越周波数(以下、観測値)と推定した地下構造で 計算した卓越周波数(以下、計算値)の比較を示す。図を見て分かるように、各アレイは観測値 と計算値はよく一致しているが分かる。



## 図 A.1.2.6-1 山方観測点(IBRH16) 傍における微動の3成分波形



 図 A.1.2.6-2 山方観測点(IBRH16)傍における微動 UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD)
赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル 太黒線(下の図):平均スペクトル比



図 A.1.2.6-3 大宮観測点(IBR004)傍における微動の3成分波形



 図 A.1.2.6-4 大宮観測点(IBR004)傍における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD)
赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル

太黒線(下の図): 平均スペクトル比



### 図 A.1.2.6-5 高萩観測点(IBR002) 傍における微動の3成分波形



 図 A.1.2.6-6 高萩観測点(IBR002)傍における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD)
赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル

太黒線(下の図): 平均スペクトル比

	Array: HTC_UNE	
St. ]		0.01043 mm/s
St. 2		1 o
St. 3		
St. ]		
St. 2		
St. 3	da printer julida du na kona printer da printer de la construction de la constru La construction de la construction d	
St. 1		
St. 2		
St. 3		
St. 1		
St. 2		
St. 3		
St. 1		
St. 2		
St. 3		
St. ]		
St. 2		
St. 3		
	15 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 1	

図 A.1.2.6-7 日立観測点(IBR003)傍における微動の3成分波形



 図 A.1.2.6-8 日立観測点(IBR003)傍における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD)
赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル 太黒線(下の図):平均スペクトル比



図 A.1.2.6-9(1) 山方アレイ L1 測点における微動の 3 成分波形



図 A.1.2.6-9(2) 山方アレイ L1 測点における微動の 3 成分波形



図 A.1.2.6-10 山方アレイ L1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび

水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD) 赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル 太黒線(下の図):平均スペクトル比



図 A.1.2.6-11(1) 山方アレイ M1 測点における微動の 3 成分波形



図 A.1.2.6-11(2) 山方アレイ M1 測点における微動の 3 成分波形



 図 A.1.2.6-12 山方アレイ M1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD)
赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル 太黒線(下の図):平均スペクトル比



図 A.1.2.6-13(1) 山方アレイ S1 測点における微動の3成分波形



図 A.1.2.6-13(2) 山方アレイ S1 測点における微動の3成分波形



図 A.1.2.6-14 山方アレイ S1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD) 赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル 太黒線 (下の図):平均スペクトル比



図 A.1.2.6-15(1) 大宮アレイ L1 測点における微動の3成分波形

St. 1		- 0.0294 nm
St. 2	anter the second s	- 0
St. 3	nannanaisialindindindindin aranaisiananananaisianananaisianananaisianaisianaisianaisianaisianaisianaisianaisia	
1		l
St. 1		
St. 2		
St. 3	Harbert on the stand of the contraction of the contraction of the stand of the stan	
2 St. 1	22 23 24	ļ
5+ 2	المراجعة المراجع والمراجعة والمراجع والم	
31. 2		
St. 3		,
St. 1		
St. 2		
St 3	Honewitz das sektors filmsned og skin og sign still og beland og skonstaten beredet at at her bester	
2		1
St. 1		
St. 2		
St. 3	mumulane a later and the contraction of the second and the second and the second and the second second second s	
3		;
St. 1		
St. 2		
St. 3		
3	3 - 34 - 34 - 35 - 36 Time(Minute)	i

図 A.1.2.6-15(2) 大宮アレイ L1 測点における微動の3成分波形


図 A.1.2.6-16 大宮アレイ L1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび

	- 0.0127
	0
- wind any an	
when the second we have a second with the second with the second	
s	
- when the second and a second and the	
- many many way was a second and the second and the second and the second and the second second and the second and	
2 10 11 12 12	
with much in a strange where and in the second in the second and a second and the second descendences and second	
A a definited for the second some and the solution of the solution of the second solution of the solution of t	
15 12 13 14 15 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	
men who we wanted the second which and the second	
. An an ing the region of the state of the state of the second state and the second state and the second state of the stat	
- mananananananananananananananananananan	

図 A.1.2.6-17(1) 大宮アレイ M1 測点における微動の 3 成分波形

Array : OMY_UNE-M MARANANANANANANANANANANANANANANANANANANA
a a financial de la companya de la companya de la companya de la contra de la contra de la contra de la contra La contra de la contra de la contra competitiva de la contra
www.WhiteNewson.www.www.www.www.www.www.www.www.www.w
๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛
many and the second and t
22 23 23
dan mananan kalipa waaka ja kalipata ja kalipata kalipata kalipata kalipata kalipata kalipata kalipata kalipata
warman warman warman a sharran a
25 26 26 26 26 26 27 27 27 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28
have a present the second and the second and the second the second the second the second the second the second
an a
28 28 Ann han an han han han han han han han ha
artimentenen antipalation and and an and an
mannemental and the second of
sis manipherroralingueses and state and stat
and and the second and the finite of the second of the
a sull as east of the set of the

図 A.1.2.6-17(2) 大宮アレイ M1 測点における微動の 3 成分波形



 図 A.1.2.6-18 大宮アレイ M1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD)
 赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル 太黒線(下の図):平均スペクトル比



図 A.1.2.6-19(1) 大宮アレイ S1 測点における微動の3成分波形



図 A.1.2.6-19(2) 大宮アレイ S1 測点における微動の3成分波形



図 A.1.2.6-20 大宮アレイ S1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD) 赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル 太黒線 (下の図):平均スペクトル比



図 A.1.2.6-21(1) 高萩アレイ L1 測点における微動の3成分波形

# A.1-117

## 図 A.1.2.6-21(2) 高萩アレイ L1 測点における微動の3成分波形

	Array: TKH_UNE-L
St. 1	er of the second and the second of the second s
St. 2	www.www.www.water.a
St. 3	were and the second of the
] St. 1	8 Antiphenedia Branchin Antiphenedia antiphenedia antiphenenia
St. 2	Maring and a second and a second and a second s
St. 3	here where the second of the second of the second of the second second second second second second second second
2 St. 1	
St. 2	norman here and the second and the second of the fight of the second reading and the second
St. 3	an waran
4 St. 1	
St. 2	and the the second s
St. 3	and her an
St. 1	marenteresteres and the set of th
St. 2	maranalinahananalahanakanakanahanananananahanahanahanahan
St. 3	annon de antipart de la service de la se
St. 1	
St. 2	nether an a substant of helphaness a providence of the second of the second of the second of the second and a s
St. 3	weiksississississississississississississi
	Time(Minute)

0.02368 mm/s



 図 A.1.2.6-22 高萩アレイ L1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび 水平動/上下動成分スペクトル比(Sqrt(NS*EW)/UD)
 赤線:平均スペクトル 黒線:各解析区間のスペクトル 太黒線(下の図):平均スペクトル比

### A.1-119

### 図 A.1.2.6-23(1) 高萩アレイ M1 測点における微動の3成分波形



0.01587 mm/s

se 2 martin da fan in fan de fan d

se = nonnal/paper/shoreadalayaseninestransinations and the animal and a final and the analysis of a second and a second and a second a s

0.01587 mm/s

Munnappinger.

MAN HANNAK MAN

図 A.1.2.6-23(2) 高萩アレイ M1 測点における微動の 3 成分波形



図 A.1.2.6-24 高萩アレイ M1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび

Array: TKH_UNE-S
where the contract of the states of the stat
- maled was presented and the second of the second of the second s
. Manananan Manananan mananan mananan mananan mananan manananan
- militar manufactured and an analysis and the second and a second and a second and a second and a second with
- independent with the wind the second of the second with the second with the second second with the second of the second s
High Marine and the antipartities and the second and th
MANNMALINUMANNANNAINANNANNANNANNANNANNANNANNANNANNA
Manuman manunan
and the provide the second of the
, a chun an ann ann ann ann ann ann ann ann an
10 MARTIN A TAXAN ANA ANA ANA ANA ANA ANA ANA ANA ANA
- HAN MANYANA MANYANA MANANA MANA
. Na mana mana mana mana mana mana mana m
. In the second of the second of the second of the second of the second second second second of the second
han any ban Manuar and the second of the
have been and the second of th
15 $16 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17 $ $17$

図 A.1.2.6-25(1) 高萩アレイ S1 測点における微動の 3 成分波形

### 図 A.1.2.6-25(2) 高萩アレイ S1 測点における微動の 3 成分波形



TKH_UNE-S

Array :

0.01243 mm/s



図 A.1.2.6-26 高萩アレイ S1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび



図 A.1.2.6-27(1) 日立アレイ L1 測点における観測の3成分波形



# 図 A.1.2.6-27(2) 日立アレイ L1 測点における微動の3成分波形



図 A.1.2.6-28 日立アレイ L1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび

	Array: HTC_UNE-M	
St.	. hereiten werden hieren hereiten der standen hereiten heren heren heren hereiten h	0.00727 mm/s
St. 2		
St. 3	. And any many many many many many many many	
St. 3	Product build where the product and the product of	
	all advantion of a state of a	
St. 2		
St. 3		
_	المراجع	
St		
St. 2	Also an addition of the second second particular second stars and a second s	
St. 3		
St.	• A start of the second s Second second s Second second s Second second se	
St. 2		
St. 3		
St. 3		
St. 2	аран кана тарата кана кана кана кана кана кана кана к	
St. 3		
	15 15 18. And 19. And 19	
St.		
St. 2		
S+ -		
ot. :		
	Time(Minute)	

図 A.1.2.6-29(1) 日立アレイ M1 測点における観測の3成分波形

	Array: HTC_UNE-M	
St. ]	her see an	$\begin{bmatrix} 0.00727 \\ mm/s \\ 0 \end{bmatrix}$
St. 2		
S+ 1		
St. 1		
St. 3		
St. ]		
St. 2		
St. 3		
St. ]	. Him and with the transmission with the second state of the second s	
St. 2	an man di Theker Anapalalan en ante di persenda and ante di terrangan and a providente di terranga di terranga Terrangan di terrangan di terrang	
St. 3		
St. ]		
St. 2	n an an an ann an an Ann an Ann an Ann an Ann ann a	
St. 3		
St. ]		
St. 2		
St. 3		
	$\frac{35}{34}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{100}$	

図 A.1.2.6-29(2) 日立アレイ M1 測点における微動の 3 成分波形



図 A.1.2.6-30 日立アレイ M1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび



図 A.1.2.6-31(1) 日立アレイ S1 測点における観測の3成分波形



図 A.1.2.6-31(2) 日立アレイ S1 測点における微動の3成分波形



図 A.1.2.6-32 日立アレイ S1 測点における UD,NS,EW 成分のスペクトルおよび



図 A.1.2.6-33 各観測点傍の測点における H/V の卓越周波数



図 A.1.2.6-34 山方アレイの L1、M1、S1 測点における H/V の卓越周波数



図 A.1.2.6-35 大宮アレイの L1、M1、S1 測点における H/V の卓越周波数

A.1-136



図 A.1.2.6-36 高萩アレイの L1、M1、S1 測点における H/V の卓越周波数



図 A.1.2.6-37 日立アレイの L1、M1、S1 測点における H/V の卓越周波数



図 A.1.2.6-38(1) 山方アレイ L1、M1、S1 測点における H/V の卓越周波数の比較 (観測値、J-SHIS Model と Inversion Model)



図 A.1.2.6-38(2) 大宮アレイ L1、M1、S1 測点における H/V の卓越周波数の比較 (観測値と Inversion Model)



図 A.1.2.6-38(3) 高萩アレイ L1、M1、S1 測点における H/V の卓越周波数の比較 (観測値、J-SHIS Model と Inversion Model)



図 A.1.2.6-38(4) 日立アレイ L1、M1、S1 測点における H/V の卓越周波数の比較 (観測値、J-SHIS Model と Inversion Model)

#### ■参考文献 A.1

- Aki, K. (1957) : Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 35, 415-456.
- 長 郁夫・中西一郎・凌 甦群, 岡田 広(1999): 微動探査法への個体群探索分岐型遺伝的アルゴ リズムfGAの適用,物理探査,第52巻3号,227-246.
- 神野達夫・先名重樹・森川信之・成田 章・藤原広行(2003): 金沢平野における3次元地下構造 モデル,物理探査,第56巻5号,313-326.

Ludwig, W. J., J. E. Nafe, and Drake (1970): Seismic refraction, The Sea, 4-I, 53-84.

岡田 広・松島 健・森谷武男・笹谷 努(1990):広域・深層地盤調査のための長周期微動探 査法,物理探査,第43巻6号,402-417.